

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. Mai 2004 (06.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/038013 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C12N 9/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/011486

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 49 642.0 24. Oktober 2002 (24.10.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONSORTIUM FÜR ELEKTROCHEMISCHE INDUSTRIE GMBH [DE/DE]; Zielstattstrasse 20, 81379 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEONHARTS-BERGER, Susanne [DE/DE]; Frundsbergstrasse 12,

80634 München (DE). PFEIFFER, Kerstin [DE/DE]; Heiterwanger Strasse 32, 81373 München (DE). WINTERHALTER, Christoph [DE/DE]; Keltenstrasse 27, 82343 Pöcking (DE). BAUER, Brigitte [DE/DE]; Ziehl-landstrasse 39, 80798 München (DE).

(74) Anwälte: POTTEN, Holger usw.; Wacker-Chemie GmbH, Zentralbereich PML, Hanns-Seidel-Platz 4, 81737 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, RU, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

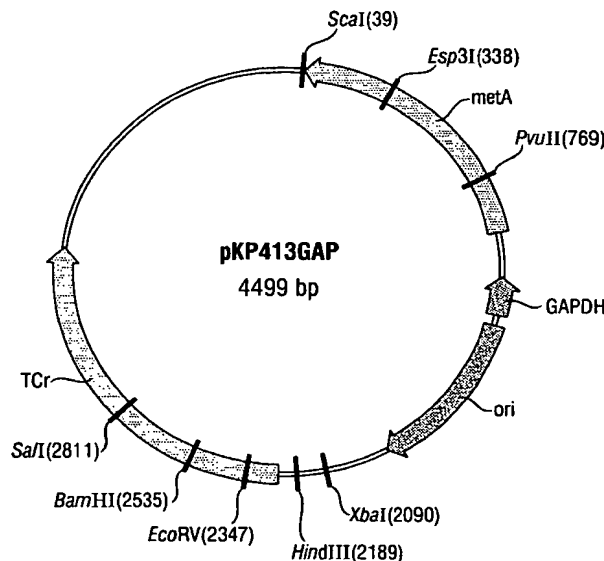
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FEEDBACK-RESISTANT HOMOSERINE TRANSsuccINYLASES WITH A MODIFIED C-TERMINAL

(54) Bezeichnung: FEEDBACK-RESISTENTE HOMOSERIN-TRANSsuccINYLASEN MIT MODIFIZIERTEM C-TERMINUS



(57) Abstract: The invention relates to a homoserine transsuccinylase, which exhibits reduced sensitivity towards L-methionine or SAM in comparison with a homoserine transsuccinylase wild-type enzyme, whereby the latter comprises an amino acid sequence containing a TyrGlnXaaThrPro sub-sequence, the Thr of said sub-sequence lying between positions 285 and 310 of the amino acid sequence and position 1 being filled by the starter methionine. The inventive homoserine transsuccinylase is characterised in that in comparison with the wild-type enzyme at least 2 amino acids are modified, said modification taking place in the Thr of the sub-sequence or in the C-terminal.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/038013 A2



— mit Angaben über hinterlegtes biologisches Material, eingereicht gemäss Regel 13bis, getrennt von der Beschreibung

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Homoserin-Transsuccinylase die im Vergleich zu einem Homoserin-Transsuccinylase Wildtyp-Enzym reduzierte Sensitivität gegenüber L-Methionin oder SAM zeigt, wobei das Wildtyp-Enzym eine Aminosäuresequenz besitzt, die eine Teilsequenz TyrGlnXaaThrPro umfasst, wobei das Thr dieser Teilsequenz zwischen Position 285 und 310 der Aminosäuresequenz liegt und wobei Position 1 das Startmethionin ist, dadurch gekennzeichnet, dass sie im Vergleich zum Wildtyp-Enzym eine Veränderung von mindestens 2 Aminosäuren aufweist, wobei diese Veränderung im Thr der Teilsequenz oder C-terminal davon liegt.

Feedback-resistente Homoserin-Transsuccinylasen mit modifiziertem C-Terminus

Die vorliegende Erfindung betrifft feedback-resistente Homoserin-Transsuccinylasen, Mikroorganismenstämme enthaltend diese Enzyme sowie ihre Verwendung zur Herstellung von L-Methionin oder S-Adenosylmethionin.

Methionin ist eine für den Menschen und für viele Tiere essentielle Aminosäure. Sie wird vor allem für den Futtermittelmarkt produziert und als Racemat dem Tierfutter zugesetzt. Die Synthese erfolgt chemisch aus Acrolein und Methanthiol über 3-(Methylthio)-propionaldehyd, der mit Blausäure, Ammoniak und Kohlendioxid über ein Hydantoin in D,L-Methionin überführt wird. Eine Racemattrennung kann enzymatisch erfolgen.

S-Adenosylmethionin (SAM) ist der wichtigste Methylgruppen-donor im Stoffwechsel und findet im Pharmabereich Verwendung bei der Behandlung von Depressionen, Erkrankungen der Leber und Arthritis. Beschriebene Verfahren zur SAM-Herstellung umfassen vor allem die Anzucht von Hefen (Schlenk F. und DePalma R.E., J. Biol. Chem. 1037-1050 (1957), Shiozaki S. et al., Agric. Biol. Chem. 53, 3269-3274 (1989)) in Gegenwart der Vorstufe L-Methionin und die chromatographische Aufreinigung nach Autolyse.

Die mikrobielle Synthese von Methionin wurde besonders intensiv im Bakterium E. coli untersucht (Greene, R.C., Biosynthesis of Methionine in: Neidhardt F.C., Escherichia coli and Salmonella typhimurium, Cellular and molecular biology, Second Edition, ASM Press, Washington DC (1996), Seiten 542-560 und darin enthaltenen Referenzen). Sie besteht aus einer Reihe von durch Enzyme katalysierten Reaktionen und ist streng reguliert. Die ersten Schritte der Synthese ausgehend von Aspartat bis zu Homoserin verlaufen für die Bildung der Aminosäuren Threonin, Leucin, Isoleucin und Valin parallel. Der erste für die Methioninsynthese spezifische Schritt ist die Bildung von O-Succinyl-Homoserin aus Succinyl-CoA und Homoserin unter Ab-

spaltung von Coenzym A. Diese Reaktion wird durch das Enzym Homoserin-Succinyltransferase (Homoserin-O-Transsuccinylase, MetA, EC 2.3.1.46) katalysiert. Die Synthese von SAM erfolgt in einem Schritt aus L-Methionin und ATP.

5

Die Aktivität der Homoserin-Transsuccinylase ist in Gegenwart von L-Methionin und/oder SAM gehemmt (Lee L.-W. et al., J. Biol. Chem. 241, 5479-5480 (1966)). Diese Endprodukthemmung verhindert einerseits im Bakterium eine überschüssige, energie-
10 verbrauchende Synthese von Methionin und SAM, steht andererseits jedoch auch einer mikrobiellen Produktion dieser beiden Substanzen im industriellen Maßstab im Weg. Das für die Homoserin-Transsuccinylase codierende Gen besteht aus 930 (inklusive Stopcodon) Basenpaaren, das davon codierte Protein aus
15 309 Aminosäuren. Bisher wurde die Struktur der Homoserin-Transsuccinylase nicht aufgeklärt und daher ist auch eine Identifizierung der an einer Endprodukthemmung beteiligten Aminosäuren nicht möglich.

20 Eine bekannte Methode, die Synthese von Stoffwechselendprodukten zu verstärken ist die Verwendung von veränderten Enzymen, deren Aktivität nicht mehr hemmbar durch das Endprodukt ihres Stoffwechselweges ist (feedback-resistente Mutanten). So wurden beispielsweise feedback-resistente Mutanten der 3-Desoxy-
25 D-Arabinohexulonsäure-7-Phosphat-Synthase für die Steigerung der Synthese von L-Tryptophan und L-Phenylalanin hergestellt (EP0745671A2) und feedback-resistente Mutanten der Chorismat-Mutase/Prephenat-Dehydratase zur Steigerung der Phenylalanin-Produktion erzeugt (US5120837).

30

Vor kurzem wurde das Enzym Homoserin-Transsuccinylase aus E. coli durch Mutation der dafür codierenden DNS-Sequenz dahingehend verändert, dass die entstandenen Proteine eine deutlich verringerte Hemmbarkeit ihrer Aktivität in Gegenwart von L-
35 Methionin oder SAM aufweisen (JP2000139471A; DE 10247437 (Anmeldung des gleichen Anmelders)). Es handelt sich dabei um Punktmutationen, das heißt, jeweils eine Aminosäure wurde durch eine andere ersetzt (JP2000139471A: Arginin an Position

27 wurde durch Cystein ersetzt, Isoleucin an Position 296 durch Serin und Prolin an Position 298 durch Leucin; DE-10247437: Aspartat an Position 101 bzw. Tyrosin an Position 294 wurde durch eine andere natürliche Aminosäure ersetzt).

Die veränderten Homoserin-Transsuccinylasen zeigten in Vergleich zum Wildtyp-Enzym eine verbesserte Aktivität in Gegenwart der Hemmstoffe L-Methionin und/oder SAM. Bakterienstämme, die diese veränderten Proteine enthalten, zeigen gesteigerte L-Methionin-Produktion.

Es ist wünschenswert, möglichst viele Varianten der Homoserin-Transsuccinylase, die sich im Grad ihrer Aktivität und im Grad ihrer Hemmbarkeit durch L-Methionin und/oder SAM unterscheiden, zur Verfügung zu haben, da die mikrobielle Biosynthese von L-Methionin und SAM in ihrem Ablauf und ihrer Regulation höchst komplex ist und darüber hinaus vielschichtig mit diversen anderen Stoffwechselwegen in der Zelle vernetzt ist. Daher kann im Voraus keine Vorhersage gemacht werden, mit welcher Variante welcher Effekt auf das Wachstum eines Mikroorganismenstamms, die Balance seiner lebenswichtigen Stoffwechselabläufe und die Produktion von L-Methionin und SAM erzielt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein breites Spektrum neuer Varianten der Homoserin-Transsuccinylase (MetA-Protein) zur Verfügung zu stellen, die eine im Vergleich zum Wildtyp (WT) -Enzym erhöhte Feedback-Resistenz hinsichtlich L-Methionin und SAM besitzen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Homoserin-Transsuccinylase, die im Vergleich zu einem Homoserin-Transsuccinylase Wildtyp-Enzym reduzierte Sensitivität gegenüber L-Methionin oder SAM zeigt, wobei das Wildtyp-Enzym eine Aminosäuresequenz besitzt, die eine Teilsequenz TyrGlnXaaThrPro umfasst, wobei das Thr dieser Teilsequenz zwischen Position 285 und 310 der Aminosäuresequenz liegt und wobei Position 1 das Startmethionin ist, dadurch gekennzeichnet, dass sie im Vergleich zum Wildtyp-Enzym eine Veränderung von mindestens 2 Aminosäuren

aufweist, wobei diese Veränderung im Thr der Teilsequenz oder C-terminal davon liegt.

Im MetA-Protein von E. coli liegt das konservierte Thr in der
5 Teilsequenz TyrGlnXaaThrPro an Position 297. (Siehe SEQ ID No. 2). Xaa bedeutet eine beliebige natürliche Aminosäure.

Vorzugsweise handelt es sich um eine Veränderung von mindestens 5 Aminosäuren, insbesondere bevorzugt um eine Veränderung
10 von mindestens 10 Aminosäuren. Bei den Veränderungen kann es sich auch um Deletionen oder Insertionen handeln.

Bisher sind nur feedback-resistente Homoserin-Transsuccinylasen bekannt (JP2000139471A), bei denen die Veränderung
15 gegenüber dem Wildtyp auf einem Austausch einzelner Aminosäuren beruht. Da die Faltung von Proteinen ein äußerst komplexer Vorgang ist und die enzymatische Aktivität direkt von der räumlichen Struktur der Proteine abhängig ist, haben größere Veränderungen eines Proteins in den meisten Fällen einen Verlust der Aktivität zur Folge. Überraschend wurde jedoch gefunden,
20 dass die erfindungsgemäßen multiplen Veränderungen im carboxy-terminalen Teil von MetA zu einer Herabsetzung der Feedback-Hemmbarkeit gegenüber L-Methionin und SAM führen.

25 Eine erfindungsgemäße Homoserin-Transsuccinylase weist eine im Vergleich zum Wildtyp-Enzym verbesserte Resistenz gegenüber den Inhibitoren SAM und/oder L-Methionin auf. Vorzugsweise weist sie eine im Vergleich zum Wildtyp zumindest 2fach erhöhte Resistenz der Homoserin-Transsuccinylase gegenüber Methionin und/oder SAM auf. Besonders bevorzugt besitzt eine erfindungsgemäße Homoserin-Transsuccinylase eine im Vergleich zum
30 Wildtyp 10fach erhöhte Resistenz, insbesondere bevorzugt eine 50fach erhöhte Resistenz gegenüber Methionin und/oder SAM.

35 Besonders bevorzugt umfasst die Proteinsequenz einer erfindungsgemäßen Homoserin-Transsuccinylase eine der in Tabelle 1 aufgelistete Mutation.

Eine erfindungsgemäße Homoserin-Transsuccinylase kann beispielsweise durch Expression einer DNS-Sequenz, welche für eine erfindungsgemäße Homoserin-Transsuccinylase codiert, erhalten werden.

5

Die vorliegende Erfindung betrifft somit auch eine DNS-Sequenz, welche für eine erfindungsgemäße Homoserin-Transsuccinylase codiert.

10 Eine solche DNS-Sequenz ist erhältlich durch eine Mutation mindestens einer Base in einem oder mehreren Codonen eines metA-Gens, dadurch gekennzeichnet, dass sich die veränderte(n) Base(n) im 3'-Bereich ab dem Codon für das Threonin Thr in der
15 Teilsequenz TyrGlnXaaThrPro befindet, wobei das Thr in dieser Sequenz zwischen Position 285 und 310 liegt. Im MetA-Protein von E. coli befindet sich das Thr der Teilsequenz in der an Position 297 (siehe SEQ ID No. 2).

20 Im Folgenden wird eine erfindungsgemäße DNS-Sequenz als feedback-resistentes metA-Allel bezeichnet. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind als metA-Allele auch solche Gene aufzufassen, die bei einer Analyse mit dem Algorithmus BESTFIT (GCG Wisconsin Package, Genetics Computer Group (GCG) Madison, Wisconsin) eine Sequenzidentität von größer 50 % zum WT-metA-Gen
25 von E. coli aufweisen. Ebenso sind Proteine mit einer Sequenzidentität von größer 50 % zur Wildtyp-Homoserin-Transsuccinylase von E. coli (Algorithmus BESTFIT, GCG Wisconsin Package, Genetics Computer Group (GCG) Madison, Wisconsin) und die Homoserin-Transsuccinylase-Aktivität besitzen als Homoserin-
30 Transsuccinylasen aufzufassen.

Vorzugsweise umfasst die DNS-Sequenz eines erfindungsgemäßen metA-Allels eine der in der Tabelle 1 aufgeführten Mutationen.

35 Erfindungsgemäße metA-Allele lassen sich beispielsweise durch unspezifische oder durch gezielte Mutagenese aus im Folgenden beschriebenen Ausgangsmaterial herstellen. Unspezifische Mutationen innerhalb der genannten DNS-Region können zum Beispiel

durch chemische Agentien (z. B. 1-Methyl-3-nitro-1-nitroso-guanidin, Ethylmethansulfonsäure u.ä.) und/oder durch physikalische Methoden und/oder durch unter bestimmten Bedingungen durchgeführte PCR-Reaktionen und/oder durch Amplifikation der DNS in Mutatorstämmen (z.B. XL1-Red) erzeugt werden. Methoden zur Einführung von Mutationen an spezifischen Positionen innerhalb eines DNS-Fragmentes sind bekannt. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung feedback-resistenter metA-Allele besteht in der Kombination verschiedener, zur Feedback-Resistenz führender Mutationen zu multiplen Mutanten mit neuen Eigenschaften.

Als Ausgangsmaterial für die Mutagenese dient vorzugsweise die DNS eines Wildtyp-metA-Gens. Das zu mutierende metA-Gen kann chromosomal oder extrachromosomal codiert sein. Durch Anwendung der vorgenannten Mutagenese-Methoden werden ein oder mehrere Nukleotide der DNS-Sequenz so verändert, dass das nun durch das Gen codierte Protein erfindungsgemäße multiple Mutationen aufweist.

Mit den beschriebenen Techniken lassen sich in ein beliebiges metA-Gen eine oder mehrere Mutationen im genannten DNS-Bereich einführen. Diese Mutationen bewirken, dass die codierte Homoserin-Transsuccinylase eine zur Feedback-Resistenz gegenüber SAM und/oder L-Methionin führende Aminosäuresequenz besitzt.

Im Anschluss an die beispielsweise wie beschrieben durchgeführte Mutagenese erfolgt die Selektion der Mutanten mit dem gewünschten Phänotyp beispielsweise durch Bestimmung des Ausmaßes der L-Methionin- und/oder SAM-Sensitivität der mutierten Homoserin-Transsuccinylasen.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind Mikroorganismen, welche feedback-resistente metA-Allele enthalten. Solche Stämme von Mikroorganismen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie einen zumindest durch ein feedback-resistentes metA-Allel deregulierten L-Methionin- bzw SAM-Stoffwechsel besitzen. Da bei allen Mikroorganismen dieser Stoffwechsel über denselben, an

sich bekannten Weg verläuft und die zur Herstellung der erfindungsgemäßen Stämme anzuwendenden Techniken z. B. aus Standardlehrbüchern allgemein bekannt und auf alle Mikroorganismen anwendbar sind, sind erfindungsgemäße Stämme aus beliebigen Mikroorganismen herstellbar. Bevorzugt geeignet zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Stammes sind Bakterien. Besonders bevorzugt geeignet sind gram-negative Bakterien, insbesondere E. coli.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist die Herstellung von L-Methionin oder SAM durch Kultivierung erfindungsgemäßer Mikroorganismen, außerdem die Verwendung erfindungsgemäßer Mikroorganismen zur Herstellung von Produkten, die Methionin enthalten (wie beispielsweise Methionin-enthaltende Peptide) oder sich im Stoffwechsel der Mikroorganismen von L-Methionin oder SAM ableiten (wie beispielsweise Polyamine, Liponsäure, Biotin und Chinone). Desweiteren können erfindungsgemäße Mikroorganismen, die SAM in im Vergleich zum Wildtyp verstärktem Maße produzieren, dazu verwendet werden, Produkte, die durch Übertragung der Methylgruppe von SAM entstehen, herzustellen.

Die feedback-resistenten metA-Allele werden zur Expression des veränderten Homoserin-Transsuccinylase-Enzyms mittels üblicher Verfahren in einen Wirtstamm transformiert.

Für die Bestimmung der L-Methionin- und/oder SAM-Sensitivität der Homoserin-Transsuccinylase kann jede Methode benützt werden, die es erlaubt, die Aktivität des Enzyms in Anwesenheit von L-Methionin oder SAM zu bestimmen. Beispielsweise kann die Bestimmung der Homoserin-Transsuccinylase-Aktivität in Anlehnung an die von Kredich und Tomkins beschriebene Methode zur Bestimmung der Aktivität von Serin-Acetyltransferasen (Kredich N.M. und Tomkins G.M., J. Biol. Chem. 241, 4955-4965 (1966)) erfolgen. Die Enzymaktivität wird in einem Ansatz, der Homoserin und Succinyl-CoA enthält, gemessen. Die Reaktion wird durch Enzymzugabe gestartet und über die Abnahme der Extinktion bei 232 nm, die durch Spaltung der Thioesterbindung im Succinyl-Coenzym A hervorgerufen wird, in einem Spektralphotome-

ter verfolgt. Der beschriebene Test eignet sich für die Bestimmung der L-Methionin-Sensitivität der Homoserin-Transsuccinylasen. Die Hemmung der Homoserin-Transsuccinylase-Aktivität wird in Anwesenheit verschiedener Konzentrationen von L-Methionin im Reaktionsansatz getestet. Die katalytische Aktivität der verschiedenen Homoserin-Transsuccinylasen wird in An- und Abwesenheit von L-Methionin bestimmt und daraus die Hemmkonstante K_i ermittelt, welche diejenige Inhibitorkonzentration beschreibt, bei welcher die Aktivität nur noch 50 % der in Abwesenheit des Inhibitors messbaren beträgt.

Für die Bestimmung der SAM-Sensitivität der Aktivität der verschiedenen Homoserin-Transsuccinylasen kann beispielsweise ein wie in Lee L.W. et al., J. Biol. Chem. 241, 5479-5480 (1966) beschriebener Aktivitätstest erfolgen. Dabei wird der Enzymextrakt mit Homoserin und Succinyl-CoA inkubiert. Nach verschiedenen Zeitpunkten wird ein Teil des Testansatzes durch Zugabe zu einem Gemisch aus Ethanol, Wasser und 5,5'-Dithiobis(2-Nitrobenzoesäure) gestoppt. Die Absorption wird bei 412 nm photometrisch bestimmt. Der beschriebene Test eignet sich beispielsweise für die Bestimmung der SAM-Sensitivität der Homoserin-Transsuccinylasen. Die Hemmung der Homoserin-Transsuccinylase-Aktivität wird in Anwesenheit verschiedener Konzentrationen von SAM im Reaktionsansatz getestet. Die katalytische Aktivität der verschiedenen Homoserin-Transsuccinylasen wird in An- und Abwesenheit von SAM bestimmt und daraus die Hemmkonstante K_i ermittelt.

In der Regel bevorzugt wird eine Homoserin-Transsuccinylase mit einer verringerten L-Methionin- und/oder SAM-Sensitivität bei unveränderter katalytischer Aktivität. Für andere Vorhaben kann eine gleichzeitige Reduzierung der L-Methionin- und/oder SAM-Sensitivität und der katalytischen Aktivität erstrebenswert sein.

Die Expression eines feedback-resistenten metA-Allels kann unter Kontrolle des eigenen, vor dem metA-Gen lokalisierten Promotors oder durch Verwendung anderer geeigneter Promotorsysteme

me, die dem Fachmann bekannt sind, erfolgen. Dabei kann sich das entsprechende Gen unter der Kontrolle eines solchen Promotors entweder in einer oder in mehreren Kopien auf dem Chromosom des Wirtsorganismus oder auf einem Vektor, vorzugsweise einem Plasmid befinden. Die Erfindung betrifft daher auch ein Plasmid, dadurch gekennzeichnet, dass es ein erfindungsgemäßes feedback-resistentes metA-Allel mit einem Promotor enthält.

Zur Klonierung können Vektoren verwendet werden, die bereits genetische Elemente (z.B. konstitutive oder regulierbare Promotoren, Terminatoren) enthalten, die entweder eine andauernde oder eine kontrollierte, induzierbare Expression des für eine Homoserin-Transsuccinylase codierenden Gens ermöglichen. Außerdem befinden sich auf einem Expressionsvektor vorzugsweise andere regulatorische Elemente wie ribosomale Bindungsstellen und Terminationssequenzen sowie Sequenzen, die für selektive Marker und/oder Reporter-Gene codieren. Die Expression derartiger Selektionsmarker erleichtert die Identifizierung von Transformanten. Als Selektionsmarker geeignet sind Gene, die für eine Resistenz gegenüber z. B. Ampicillin, Tetracyclin, Chloramphenicol, Kanamycin oder andere Antibiotika codieren. Wenn das erfindungsgemäße metA-Allel extrachromosomal repliziert werden soll, sollte der Plasmidvektor vorzugsweise einen Ursprungspunkt der Replikation enthalten. Besonders bevorzugt sind Plasmid-Vektoren wie beispielsweise die E. coli-Vektoren pACYC184, pUC18, pBR322, pSC101 und ihre Derivate. Als induzierbare Promotoren eignen sich beispielsweise der lac-, tac-, trc-, lambda PL, ara- oder tet-Promotor oder davon abgeleitete Sequenzen. Bevorzugt wird die konstitutive Expression von einem GAPDH-Promotor. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung befinden sich die für die Homoserin-Transsuccinylase codierenden Gene unter Kontrolle des GAPDH-Promoters in einem von pACYC184 abgeleiteten Plasmid. Die Strategien zur Integration von Genen in das Chromosom sind Stand der Technik.

Ein geeigneter Wirtstamm wird mit einem Expressionsvektor, der die für eine L-Methionin- und/oder SAM-insensitive Homose-

rin-Transsuccinylase codierende Transkriptionseinheit enthält, transformiert. Als Wirtsstämme werden Stämme, die L-Methionin- und/oder SAM-sensitive Proteine enthalten, wie zum Beispiel Bakterien verwendet.

5

Als Wirtsstamm wird vorzugsweise ein E. coli-Wildtypstamm oder ein Stamm verwendet, in dem das endogene metA-Gen inaktiviert ist, wie z.B. E. coli Stamm DL41, CGSC-Stammsammlung Nr. 7177. Solche Stämme werden durch ein erfindungsgemäßes metA-Gen komplementiert. Die Fähigkeit eines erfindungsgemäßen Stammes zur mikrobiellen Produktion von L-Methionin oder SAM kann durch zusätzliche Maßnahmen verstärkt werden. Beispielsweise können zu diesem Zweck Stämme verwendet werden, in welchen das Gen metJ, welches für einen Repressor der Gene des Methionin-Stoffwechsels codiert, nicht mehr exprimiert wird (JP2000139471A). Weiterhin besteht die Möglichkeit, darüber hinaus verbesserte Homoserin-Transsuccinylasen dadurch zu generieren, dass die erfindungsgemäßen Mutanten mit anderen Mutationen kombiniert werden, beispielsweise mit den in DE 10247437 oder in JP2000139471A genannten Aminosäureaustauschen.

Die Produktion von L-Methionin oder SAM erfolgt vorzugsweise durch Kultivierung eines erfindungsgemäßen Mikroorganismenstammes. Dazu wird der Mikroorganismenstamm beispielsweise in einem Fermenter in einem Nährmedium kultiviert, das eine geeignete Kohlenstoff-, und eine geeignete Energiequelle, sowie andere Zusatzstoffe enthält.

Die während der Fermentation gebildeten Substanzen wie beispielsweise L-Methionin oder SAM können anschließend aufgereinigt werden.

Die folgenden Beispiele dienen der weiteren Erläuterung der Erfindung. Sämtliche eingesetzten molekularbiologischen Verfahren, wie Polymerase-Kettenreaktion, Isolierung und Reinigung von DNS, Modifikation von DNS durch Restriktionsenzyme, Klenow-Fragment und Ligase, Transformation etc wurden in der

dem Fachmann bekannten, in der Literatur beschriebenen oder von den jeweiligen Herstellern empfohlenen Art und Weise durchgeführt.

5 Beispiel 1:

Erzeugung von feedback-resistenten Homoserin-Transsuccinylasen durch Veränderung des carboxy-terminalen Teils des metA-Strukturgens

10 Als Ausgangsplasmid diente das Plasmid pKP413GAP, welches das Wildtyp-metA-Gen aus *E. coli* unter Kontrolle des GAPDH-Promotors enthält und unter der Nummer DSM 15221 bei der Deutschen Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen in Braunschweig hinterlegt ist (Figur 1). Mit pKP413GAP als Substrat
15 wurde eine inverse Polymerase-Kettenreaktion mit Vent-Polymerase (New England Biolabs) nach dem Fachmann bekannten Regeln durchgeführt. Als Primer dienten die am 5'-Ende phosphorylierten Oligonukleotide metAdel1 mit der Sequenz 5'-CTATTTGTTAGTGAATAATAGTACTGAGCTCTGG-3' (SEQ ID No. 3) und
20 metAdel2 mit der Sequenz 5'-CTGGTGGATATATGAGATCTGGTAGACGTAATAG-3' (SEQ ID No. 4). Das etwa 4,3 kb große Produkt wurde elektrophoretisch isoliert und mittels eines QIAquick Gel Extraction Kits (Qiagen) nach Herstellerangaben gereinigt. Danach erfolgte eine intramolekulare Ligation mit T4-DNS-Ligase nach Herstellerangaben. Die
25 Transformation von *E. coli*-Zellen des Stammes DH5 α erfolgte nach der CaCl₂-Methode auf dem Fachmann bekannte Art und Weise. Der Transformationsansatz wurde auf LB-Tetracyclin-Agarplatten (10 g/l Trypton, 5 g/l Hefeextrakt, 10 g/l NaCl, 15 g/l Agar, 15 mg/l Tetracyclin) ausgebracht und über Nacht bei
30 37 °C inkubiert. Die gewünschten Transformanten wurden nach einer Plasmidisolierung mittels eines QIAprep Spin Miniprep Kit (Qiagen) durch eine Restriktionsanalyse identifiziert. Der Bereich zwischen den Schnittstellen Esp3I und ScaI wurde sequenziert, isoliert und in ein mit den gleichen Enzymen behandeltes Plasmid pKP413GAP eingefügt. Das entstandene Plasmid pBaBmetAdel enthält das unter Kontrolle des GAPDH-Promotors stehende Strukturgen metA aus *E. coli*, welches am 3'-Ende die

in Tabelle 1 gezeigte Veränderung im Vergleich zum Wildtyp aufweist. Die veränderte Aminosäuresequenz des durch dieses Gen codierten Proteins ist ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt.

- 5 Durch ein Verfahren, welches zu dem oben beschriebenen Verfahren analog ist, wurde durch Polymerase-Kettenreaktion mit den Oligonukleotiden metAext1 mit der Sequenz
5'-TGGTGGATATATGAGATCTGGTAGACGTAATAG-3', (SEQ ID No. 5) und
metAdell mit der Sequenz
10 5'-CTATTGTTAGTGAATAATAGTACTGAGCTCTGG-3', (SEQ. ID No. 3)
das Plasmid pBaBmetAext erzeugt.

- Durch Polymerase-Kettenreaktion mit den Oligonukleotiden metAext1 mit der Sequenz:
15 5'- TGGTGGATATATGAGATCTGGTAGACGTAATAG -3', (SEQ ID No. 5) und
metAext2 mit der Sequenz
5'-GTATTGTTAGTGAATAATAGTACTGAGCTCTGG-3', (SEQ ID No. 6)
wurde das Plasmid pBaBmetAext2 erzeugt.

- 20 Die Veränderungen im metA-Strukturgen im Vergleich zum Wildtyp sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ausgangsplasmid (AP) sowie Plasmide mit metaA-Varianten mit verändertem Carboxy-Terminus.

Plasmid	Basen ab 889 des metaA-Strukturgens	Aminosäuren ab 297 des MetaA-Proteins
pKP413GAP (AP)	ACGCCATACGATCTACGGCACATGAATCCAACGCTGGATTAA (Sequenzabschnitt von bp 889 bis 930 aus SEQ ID No 1)	ThrProTyrAspLeuArgHisMe- tAsnProThrLeuAsp (Sequenzabschnitt von Aminosäure 297 bis 309 aus SEQ ID No 2)
pBaBmetAdel	TCATATATCCACCAGCTATTGTTAGTGAATAA (SEQ ID NO: 7)	SerTyrIleHisGlnLeuPheValSerGlu (SEQ ID NO: 8)
pBaBmetAext	TCATATATCCACCAGCTATTGTTAGTGAATAATAGTACTGAGCTCTG GATGCATACGCGTTTAATTAAAGCGGCCGCACTGCCGATGAGTGGCAGG GCGGGGCG (SEQ ID NO: 9)	SerTyrIleHisHisTyrLeuLeuValAsnAsn- SerThrGluLeuTrpMetHisThrArgLeuIleLy- sArgProHisCysAspGluTrpGlnGlyGlyAla (SEQ ID NO: 10)
pBaBmetAext2	TCATATATCCACCAGCTATTGTTAGTGAATAATAGTACTGAGCTCTG GATGCATACGCGTTTAATTAAAGCGGCCGCACTGCCGATGAGTGGCAGG GCGGGGCG (SEQ ID NO: 11)	SerTyrIleHisGlnTyrLeuLeuValAsnAsn- SerThrGluLeuTrpMetHisThrArgLeuIleLy- sArgProHisCysAspGluTrpGlnGlyGlyAla (SEQ ID NO: 12)

Beispiel 2:

Aktivität der Homoserin-Transsuccinylase-Mutanten und Feed-back-Resistenz gegenüber L-Methionin

5 Die Aktivität und der Einfluß von L-Methionin auf die Aktivität der verschiedenen Homoserin-Transsuccinylasen wurde durch einen Enzymtest mit Zellextrakten, in denen die jeweiligen Proteine produziert worden waren, bestimmt. Dazu wurden die entsprechenden für veränderte Homoserin-Transsuccinylasen co-
10 dierenden Plasmide mittels Transformation nach dem Fachmann bekannten Methoden in den E. coli-Stamm W3110 (ATCC 27325) eingebracht. Der Transformationsansatz wurde auf LB-Tetracyclin-Agarplatten (10 g/l Trypton, 5 g/l Hefeextrakt, 5 g/l NaCl, 15 g/l Agar, 15 mg/l Tetracyclin) ausgebracht und
15 über Nacht bei 37 °C inkubiert. Die erhaltenen Transformanten wurden in SM1-Medium (für 1 l Medium: $\text{CaCl}_2 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ 0,0147 g, $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ 0,3 g, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ 0,15 mg, H_3BO_3 2,5 mg, $\text{CoCl}_2 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ 0,7 mg, $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$ 0,25 mg, $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{ H}_2\text{O}$ 1,6 mg, $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ 0,3 mg, KH_2PO_4 3,0 g, K_2HPO_4 12,0 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 5 g, NaCl 0,6 g, $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ 0,002 g, $\text{Na}_3\text{-Citrat} \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ 1g, Glucose 5 g, Trypton 1 g, Hefeextrakt 0,5 g) angezogen, bei einer Absorption von ca. 0,8 bei 600 nm abzentrifugiert, in 50 mM Tris pH 7,5 gewaschen und erneut abzentrifugiert. Die Zellen wurden in 50 mM Tris/Cl pH 7,5, 2 mM Dithiothreitol, 0,5
25 mM Phenyl-Methyl-Sulfonsäurefluorid resuspendiert und in einer French Press aufgebrochen. Der Überstand einer weiteren Zentrifugation wurde als Enzymextrakt in den Test eingesetzt. Die Enzymaktivität wurde in einem Ansatz mit 50 mM Tris/Cl pH 7,6, 1 mM Homoserin und 0,1 mM Succinyl-CoA bestimmt, indem
30 das bei der Reaktion entstehende Coenzym A über die Abnahme der Extinktion bei 232 nm photometrisch quantifiziert wurde in Anlehnung an die von Kredich und Tomkins beschriebene Methode zur Bestimmung der Aktivität von Serin-Acetyltransferasen, (Kredich N.M. und Tomkins G.M., J. Biol. Chem. 241, 4955-4965
35 (1966)). Die Auswirkung von zugesetztem L-Methionin auf die Aktivität wurde bestimmt und die Hemmbarkeit wurde als K_i quantifiziert. Als K_i wird diejenige Konzentration an L-Methionin bestimmt, bei der die Aktivität der Homoserin-

Transsuccinylase nur noch 50% der Aktivität in Abwesenheit von L-Methionin beträgt.

Alle Homoserin-Transsuccinylase-Mutanten zeigen eine im Vergleich zum Wildtyp erhöhte Feedback-Resistenz hinsichtlich L-Methionin. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

Tabelle 2: Aktivität des WT-Enzyms sowie der Homoserin-Transsuccinylase-Mutanten und Feedback-Resistenz gegenüber L-Methionin.

Plasmid	Aktivität (U/mg)	Aktivität (%) * in Anwesenheit von 1 mM L-Methionin	Ki L-Methionin (mM)
pKP413GAP	0,155	2	0,05
pBaBmetAdel	0,042	95	16
pBaBmetAext	0,011	91	10
pBaBmetAext2	0,045	90	5

* Aktivität in Abwesenheit von L-Methionin entspricht 100%.

Beispiel 3:

Feedback-Resistenz der Homoserin-Transsuccinylasen gegenüber SAM

Der Einfluß von SAM auf die Aktivität der verschiedenen Homoserin-Transsuccinylasen wurde durch Quantifizierung der Aktivität in Gegenwart verschiedener SAM-Konzentrationen (Cl-Salz, Sigma) bestimmt. Die Anzucht und Präparation der Zellextrakte erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben. Der Aktivitätstest erfolgte wie in Lee L.W. et al., J. Biol. Chem. 241, 5479-5480 (1966) beschrieben, wobei der Enzymextrakt mit 50 mM Kaliumphosphat-Puffer pH 7,5, 3 mM Homoserin und 0,3 mM Succinyl-CoA inkubiert wurde. Nach verschiedenen Zeitpunkten wurden 100 µl Testansatz durch Zugabe zu einem Gemisch aus 400 µl Ethanol, 400 µl Wasser und 100 µl 10 mM 5,5'-Dithiobis(2-

Nitrobenzoesäure) gestoppt. Nachdem der Ansatz 5 Minuten bei Raumtemperatur inkubiert wurde, wurde die Absorption bei 412 nm photometrisch bestimmt. Nach Bestimmung der Proteinkonzentration wurde unter Verwendung des Extinktionskoeffizienten die Enzymaktivität errechnet. Als Maß für die Hemmbarkeit der Aktivität durch SAM wurde der K_i bestimmt.

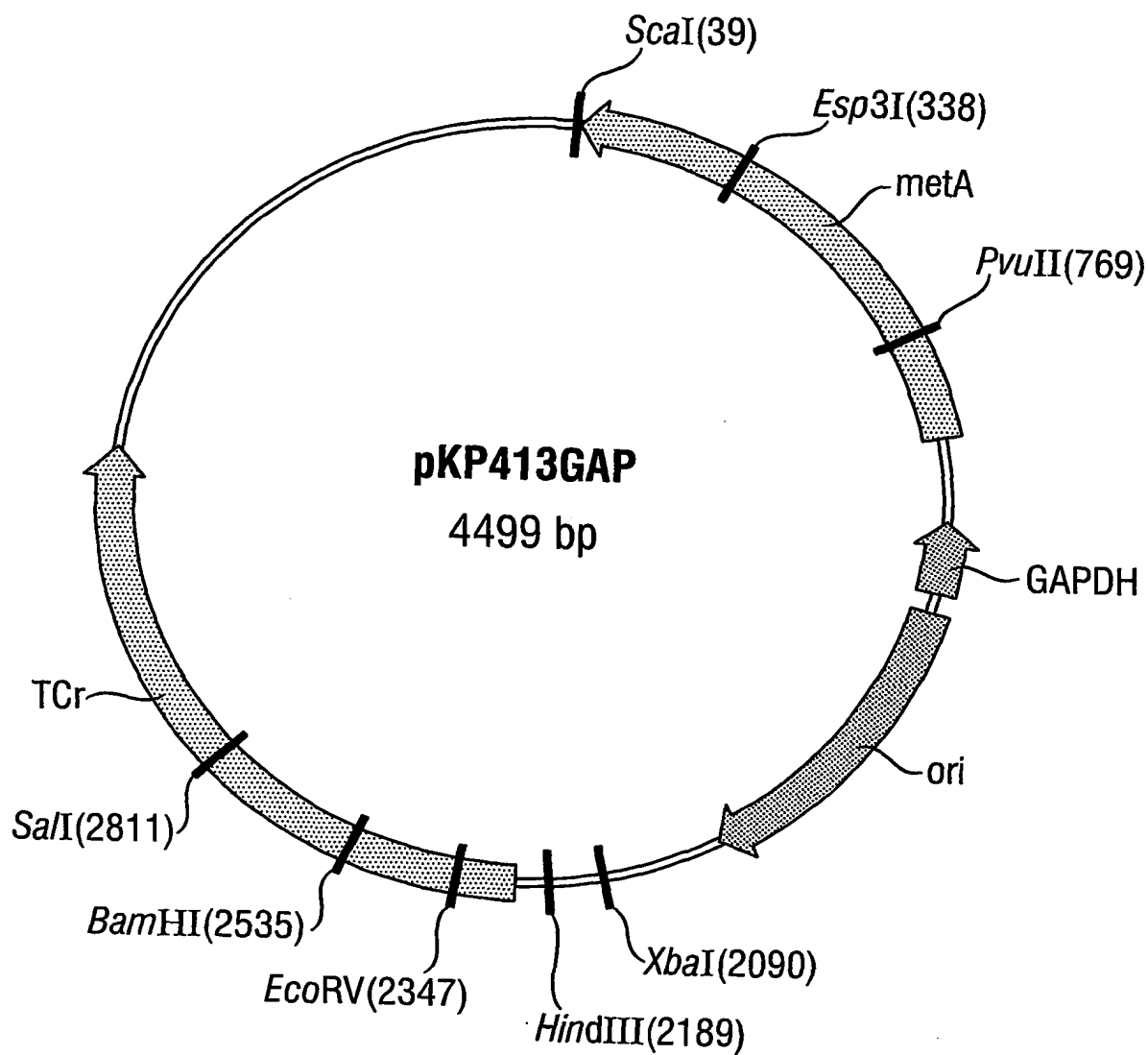
Tabelle 3: Aktivität der Homoserin-Transsuccinylase-Mutanten und Feedback-Resistenz gegenüber SAM.

Plasmid	Aktivität (U/mg)	Aktivität (%) * in Gegenwart von 1 mM SAM	K_i SAM (mM)
pKP413GAP	0,62	0,5	0,2
pBaBmetAdel	0,25	95	9
pBaBmetAext	0,082	75	4
pBaBmetAext2	0,173	99	16

* Aktivität in Abwesenheit von SAM entspricht 100%.

Patentansprüche:

1. Homoserin-Transsuccinylase die im Vergleich zu einem Homoserin-Transsuccinylase Wildtyp-Enzym reduzierte Sensitivität gegenüber L-Methionin oder SAM zeigt, wobei das Wildtyp-Enzym eine Aminosäuresequenz besitzt, die eine Teilsequenz TyrGlnXaaThrPro umfasst, wobei das Thr dieser Teilsequenz zwischen Position 285 und 310 der Aminosäuresequenz liegt und wobei Position 1 das Startmethionin ist, dadurch gekennzeichnet, dass sie im Vergleich zum Wildtyp-Enzym eine Veränderung von mindestens 2 Aminosäuren aufweist, wobei diese Veränderung im Thr der Teilsequenz oder C-terminal davon liegt.
2. Homoserin-Transsuccinylase gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Veränderung von mindestens 5 Aminosäuren, bevorzugt von mindestens 10 Aminosäuren aufweist.
3. Homoserin-Transsuccinylase gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine im Vergleich zum Wildtyp-Enzym zumindest 2-fach erhöhte Resistenz (erhöhter K_i) gegenüber den Inhibitoren SAM und/oder L-Methionin aufweist.
4. Homoserin-Transsuccinylase gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine der in Tabelle 1 aufgelisteten Mutationen aufweist.
5. MetA-Allel codierend für eine Homoserin-Transsuccinylase gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.
6. Plasmid, dadurch gekennzeichnet, dass es ein metA-Allel gemäß Anspruch 5 mit einem Promotor enthält.
7. Mikroorganismenstamm, dadurch gekennzeichnet, dass er ein feedback-resistentes metA-Allel gemäß Anspruch 5 enthält.
8. Mikroorganismenstamm, gemäß Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen gram-negativen Bakterienstamm, vorzugsweise um E. coli handelt.
9. Verfahren zur Herstellung von L-Methionin oder SAM durch Kultivierung eines Mikroorganismenstammes gemäß Anspruch 7 oder 8.

Fig. 1: pKP413GAP

BEST AVAILABLE COPY

SEQUENCE LISTING

<110> Consortium für elektrochemische Industrie GmbH

<120> Feedback-resistente Homoserin-Transsuccinylasen mit
modifiziertem C-Terminus

<130> Co10221

<140>

<141>

<160> 12

<170> PatentIn Ver. 2.0

<210> 1

<211> 930

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<220>

<221> CDS

<222> (1) .. (930)

<300>

<301> Blattner, F. R.

<302> The complete genome sequence of Escherichia coli K-12.

<303> Science

<304> 277

<305> 533

<306> 1453-1474

<307> 1997

5

<308> Blattner, F.R.

10 <400> 1

atg ccg att cgt gtg ccg gac gag cta ccc gcc gtc aat ttc ttg cgt 48

15 Met Pro Ile Arg Val Pro Asp Glu Leu Pro Ala Val Asn Phe Leu Arg

1 5 10 15

20 gaa gaa aac gtc ttt gtg atg aca act tct cgt gcg tct ggt cag gaa 96

Glu Glu Asn Val Phe Val Met Thr Thr Ser Arg Ala Ser Gly Gln Glu

25 20 25 30

att cgt cca ctt aag gtt ctg atc ctt aac ctg atg ccg aag aag att 144

30 Ile Arg Pro Leu Lys Val Leu Ile Leu Asn Leu Met Pro Lys Lys Ile

35 40 45

35 gaa act gaa aat cag ttt ctg cgc ctg ctt tca aac tca cct ttg cag 192

Glu Thr Glu Asn Gln Phe Leu Arg Leu Leu Ser Asn Ser Pro Leu Gln

40 50 55 60

45 gtc gat att cag ctg ttg cgc atc gat tcc cgt gaa tcg cgc aac acg 240

Val Asp Ile Gln Leu Leu Arg Ile Asp Ser Arg Glu Ser Arg Asn Thr

65 70 75 80

50

ccc gca gag cat ctg aac aac ttc tac tgt aac ttt gaa gat att cag 288

55 Pro Ala Glu His Leu Asn Asn Phe Tyr Cys Asn Phe Glu Asp Ile Gln

85 90 95

60 gat cag aac ttt gac ggt ttg att gta act ggt gcg ccg ctg ggc ctg 336

Asp Gln Asn Phe Asp Gly Leu Ile Val Thr Gly Ala Pro Leu Gly Leu
100 105 110

5
gtg gag ttt aat gat gtc gct tac tgg ccg cag atc aaa cag gtg ctg 384
Val Glu Phe Asn Asp Val Ala Tyr Trp Pro Gln Ile Lys Gln Val Leu
10 115 120 125

15 gag tgg tcg aaa gat cac gtc acc tcg acg ctg ttt gtc tgc tgg gcg 432
Glu Trp Ser Lys Asp His Val Thr Ser Thr Leu Phe Val Cys Trp Ala
20 130 135 140

25 gta cag gcc gcg ctc aat atc ctc tac ggc att cct aag caa act cgc 480
Val Gln Ala Ala Leu Asn Ile Leu Tyr Gly Ile Pro Lys Gln Thr Arg
145 150 155 160

30 acc gaa aaa ctc tct ggc gtt tac gag cat cat att ctc cat cct cat 528
Thr Glu Lys Leu Ser Gly Val Tyr Glu His His Ile Leu His Pro His
35 165 170 175

40 gcg ctt ctg acg cgt ggc ttt gat gat tca ttc ctg gca ccg cat tcg 576
Ala Leu Leu Thr Arg Gly Phe Asp Asp Ser Phe Leu Ala Pro His Ser
180 185 190

45 cgc tat gct gac ttt ccg gca gcg ttg att cgt gat tac acc gat ctg 624
Arg Tyr Ala Asp Phe Pro Ala Ala Leu Ile Arg Asp Tyr Thr Asp Leu
50 195 200 205

55 gaa att ctg gca gag acg gaa gaa ggg gat gca tat ctg ttt gcc agt 672
Glu Ile Leu Ala Glu Thr Glu Glu Gly Asp Ala Tyr Leu Phe Ala Ser
210 215 220

60

aaa gat aag cgc att gcc ttt gtg acg ggc cat ccc gaa tat gat gcg 720
5 Lys Asp Lys Arg Ile Ala Phe Val Thr Gly His Pro Glu Tyr Asp Ala
225 230 235 240

10 caa acg ctg gcg cag gaa ttt ttc cgc gat gtg gaa gcc gga cta gac 768
Gln Thr Leu Ala Gln Glu Phe Phe Arg Asp Val Glu Ala Gly Leu Asp
15 245 250 255

20 ccg gat gta ccg tat aac tat ttc ccg cac aat gat ccg caa aat aca 816
Pro Asp Val Pro Tyr Asn Tyr Phe Pro His Asn Asp Pro Gln Asn Thr
260 265 270

25 ccg cga gcg agc tgg cgt agt cac ggt aat tta ctg ttt acc aac tgg 864
Pro Arg Ala Ser Trp Arg Ser His Gly Asn Leu Leu Phe Thr Asn Trp
30 275 280 285

35 ctc aac tat tac gtc tac cag atc acg cca tac gat cta cgg cac atg 912
Leu Asn Tyr Tyr Val Tyr Gln Ile Thr Pro Tyr Asp Leu Arg His Met
40 290 295 300

45 aat cca acg ctg gat taa 930
Asn Pro Thr Leu Asp
305 310

50

55 <210> 2
<211> 309
<212> PRT

60 <213> Escherichia coli

<400> 2

5 Met Pro Ile Arg Val Pro Asp Glu Leu Pro Ala Val Asn Phe Leu Arg
1 5 10 15

10 Glu Glu Asn Val Phe Val Met Thr Thr Ser Arg Ala Ser Gly Gln Glu
20 25 30

15 Ile Arg Pro Leu Lys Val Leu Ile Leu Asn Leu Met Pro Lys Lys Ile
20 35 40 45

25 Glu Thr Glu Asn Gln Phe Leu Arg Leu Leu Ser Asn Ser Pro Leu Gln
50 55 60

30 Val Asp Ile Gln Leu Leu Arg Ile Asp Ser Arg Glu Ser Arg Asn Thr
65 70 75 80

35 Pro Ala Glu His Leu Asn Asn Phe Tyr Cys Asn Phe Glu Asp Ile Gln
85 90 95

40 Asp Gln Asn Phe Asp Gly Leu Ile Val Thr Gly Ala Pro Leu Gly Leu
100 105 110

45 Val Glu Phe Asn Asp Val Ala Tyr Trp Pro Gln Ile Lys Gln Val Leu
115 120 125

55 Glu Trp Ser Lys Asp His Val Thr Ser Thr Leu Phe Val Cys Trp Ala
130 135 140

60 Val Gln Ala Ala Leu Asn Ile Leu Tyr Gly Ile Pro Lys Gln Thr Arg

[illegible]

305

5

<210> 3

10 <211> 34

<212> DNA

15 <213> Artificial Sequence

<220>

20 <223> Description of Artificial Sequence:

Oligonucleotide metAdel1

25

<400> 3

ctatttggtta gtgaataata gtactgagct ctgg 34

30

<210> 4

35

<211> 34

<212> DNA

40 <213> Artificial Sequence

<220>

45

<223> Description of Artificial Sequence:

Oligonucleotide metAdel2

50

<400> 4

55 ctggtggata tatgagatct ggtagacgta atag 34

60 <210> 5

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:

Oligonucleotide metAext1

<400> 5

tggtggatat atgagatctg gtagacgtaa tag

33

<210> 6

<211> 34

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:

Oligonucleotide metAext2

<400> 6

gtatttgta gtgaataata gtactgagct ctgg

34

<210> 7

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial Gene
Sequence

<400> 7

tcatatatcc accagctatt tgtagtgaa taa

33

<210> 8

<211> 10

<212> PRT

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial
Protein Sequence

<400> 8

Ser Tyr Ile His Gln Leu Phe Val Ser Glu

1

5

10

<210> 9

<211> 102

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial Gene
Sequence

<400> 9

5 tcatatatcc accactatatt gttagtgaat aatagtactg agctctggat gcatacgcg 60

10 ttaattaagc ggccgcactg cgatgagtgg cagggcgggg cg 102

15 <210> 10

<211> 34

<212> PRT

20

<213> Artificial Sequence

25 <220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial

Protein Sequence

30

<400> 10

35 Ser Tyr Ile His His Tyr Leu Leu Val Asn Asn Ser Thr Glu Leu Trp

1

5

10

15

40

Met His Thr Arg Leu Ile Lys Arg Pro His Cys Asp Glu Trp Gln Gly

20

25

30

45

Gly Ala

50

55 <210> 11

<211> 102

<212> DNA

60

<213> Artificial Sequence

5 <220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial Gene
Sequence

10

<400> 11

15 tcatatatcc accagtatatt gttagtgaat aatagtactg agctctggat gcatacgcgt 60

20 ttaattaagc ggccgcactg cgatgagtgg cagggcgggg cg 102

25 <210> 12

<211> 34

<212> PRT

30

<213> Artificial Sequence

35 <220>

<223> Description of Artificial Sequence: Partial
Protein Sequence

40

<400> 12

45 Ser Tyr Ile His Gln Tyr Leu Leu Val Asn Asn Ser Thr Glu Leu Trp

1

5

10

15

50

Met His Thr Arg Leu Ile Lys Arg Pro His Cys Asp Glu Trp Gln Gly

20

25

30

55

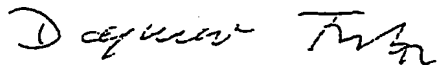
Gly Ala

BUDAPEST TREATY ON THE INTERNATIONAL
RECOGNITION OF THE DEPOSIT OF MICROORGANISMS
FOR THE PURPOSES OF PATENT PROCEDURE

INTERNATIONAL FORM

Consortium für
elektrochemische Industrie GmbH
Zielstattstr. 20
81379 München

RECEIPT IN THE CASE OF AN ORIGINAL DEPOSIT
issued pursuant to Rule 7.1 by the
INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY
identified at the bottom of this page

I. IDENTIFICATION OF THE MICROORGANISM	
Identification reference given by the DEPOSITOR: W3110/pKP413GAP	Accession number given by the INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY: DSM 15221
II. SCIENTIFIC DESCRIPTION AND/OR PROPOSED TAXONOMIC DESIGNATION	
The microorganism identified under I. above was accompanied by: () a scientific description (X) a proposed taxonomic designation (Mark with a cross where applicable).	
III. RECEIPT AND ACCEPTANCE	
This International Depositary Authority accepts the microorganism identified under I. above, which was received by it on 2002-09-27 (Date of the original deposit) ¹ .	
IV. RECEIPT OF REQUEST FOR CONVERSION	
The microorganism identified under I. above was received by this International Depositary Authority on _____ (date of original deposit) and a request to convert the original deposit to a deposit under the Budapest Treaty was received by it on _____ (date of receipt of request for conversion).	
V. INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY	
Name: DSMZ-DEUTSCHE SAMMLUNG VON MIKROORGANISMEN UND ZELLKULTUREN GmbH Address: Mascheroder Weg 1b D-38124 Braunschweig	Signature(s) of person(s) having the power to represent the International Depositary Authority or of authorized official(s):  Date: 2002-10-02

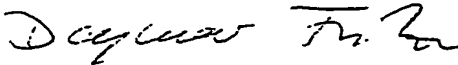
¹ Where Rule 6.4 (d) applies, such date is the date on which the status of international depositary authority was acquired.

BUDAPEST TREATY ON THE INTERNATIONAL
RECOGNITION OF THE DEPOSIT OF MICROORGANISMS
FOR THE PURPOSES OF PATENT PROCEDURE

INTERNATIONAL FORM

Consortium für
elektrochemische Industrie GmbH
Zielstattstr. 20
81379 München

VIABILITY STATEMENT
issued pursuant to Rule 10.2 by the
INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY
identified at the bottom of this page

I. DEPOSITOR Name: Consortium für elektrochemische Industrie GmbH Address: Zielstattstr. 20 81379 München	II. IDENTIFICATION OF THE MICROORGANISM Accession number given by the INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY: DSM 15221 Date of the deposit or the transfer ¹ : 2002-09-27
III. VIABILITY STATEMENT The viability of the microorganism identified under II above was tested on 2002-09-27 On that date, the said microorganism was <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> (<input checked="" type="checkbox"/>)² viable (<input type="checkbox"/>)² no longer viable </div>	
IV. CONDITIONS UNDER WHICH THE VIABILITY TEST HAS BEEN PERFORMED⁴ <div style="height: 40px;"></div>	
V. INTERNATIONAL DEPOSITARY AUTHORITY <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Name: DSMZ-DEUTSCHE SAMMLUNG VON MIKROORGANISMEN UND ZELLKULTUREN GmbH Address: Mascheroder Weg 1b D-38124 Braunschweig </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> Signature(s) of person(s) having the power to represent the International Depositary Authority or of authorized official(s):  Date: 2002-10-02 </div> </div>	

¹ Indicate the date of original deposit or, where a new deposit or a transfer has been made, the most recent relevant date (date of the new deposit or date of the transfer).

² In the cases referred to in Rule 10.2(a) (ii) and (iii), refer to the most recent viability test.

³ Mark with a cross the applicable box.

⁴ Fill in if the information has been requested and if the results of the test were negative.